

А. В. ЖУКОВ, П. Ф. РУДНИЦКИЙ

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ДИНАМИКИ ТРАКТОРОВ МТЗ-80 И МТЗ-80Л

Минск

Для оценки вертикальной динамики тракторов МТЗ-80 и МТЗ-80Л воспользуемся общей расчетной моделью, учитывающей наличие поддрессоренных и неподдрессоренных масс тягача, массы пачки деревьев. Расчетная модель (рис. 1) учитывает поддрессоривание переднего моста, упругость и демпфирование в шинах, пачки деревьев, кроны, а также продольную упругость шин, приведенную к точкам контакта колес с дорогой. Масса пачки деревьев распределена на три дискретные массы M_2 , M_3 и M_4 [1]. Масса M_4 включает массу кроны. Подвеска трактора принимается нелинейной, воздействие от неровностей дороги — стохастическим.

Общая расчетная модель имеет шесть степеней свободы, характеризующихся следующими обобщенными координатами: z_1 , θ_1 , ζ_1 , x_1 , z_3 , z_4 .

Расчетная модель дает возможность фиксировать отрывы колес от поверхности дороги, а также пробои подвески.

Математическая модель колебаний трактора МТЗ-80 получалась как частный случай общей модели при наложении на нее условий: $z_3=0$; $z_4=0$; $M_2=0$; $M_3=0$; $M_4=0$.

Как видно из приведенного описания, используемая при исследовании расчетная модель является универсальной и более совершенной по сравнению с описанными в литературе [2, 3].

Задача решалась на ЭВМ «ЕС-1020» методом Рунге — Кутты, шаг счета 0,02 с.

Микропрофиль задавался точками с определенным шагом, промежуточные точки определялись с помощью формулы Ньютона.

При исследованиях моделировалось движение тракторов по полю, лесной дороге и пасечному волоку. Варьировались скорости движения, а также варианты подвески.

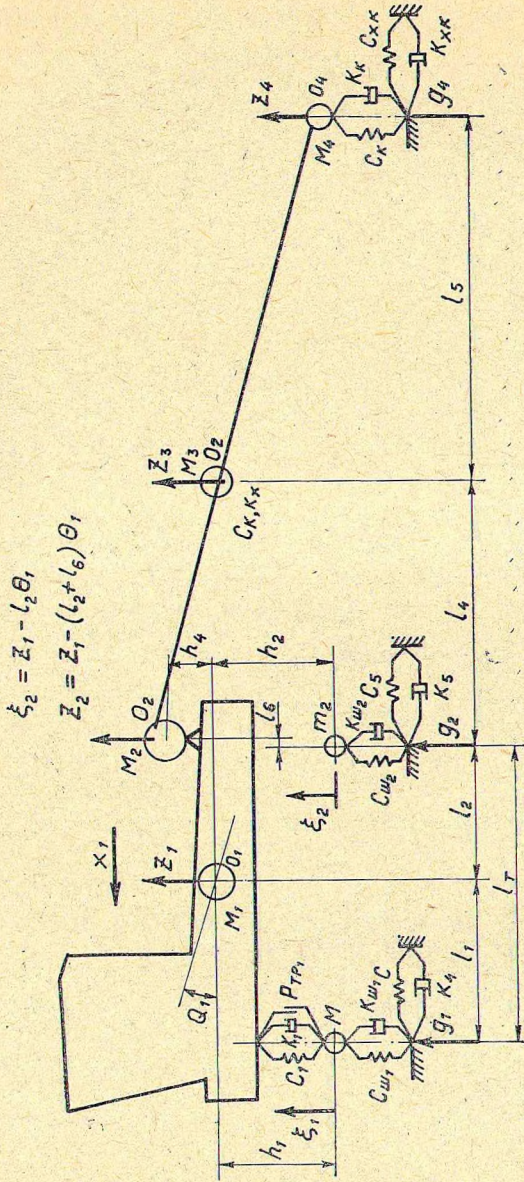


Рис. 1. Расчетная схема, эквивалентная колебаниям трехвального трактора в продольной вертикальной плоскости.

Машиной выдавались результаты моделирования процессов по экстремумам, максимальные, минимальные и среднеквадратичные значения перемещений и ускорений элементов систем, а также количество пробоев подвески и отрывы колес от поверхности дороги.

$\sigma_{\ddot{x}_1}, \sigma_{\ddot{y}_1}, \text{ м/с}^2$;
 $\sigma_{\ddot{\theta}_1}, \text{ рад/с}^2$

$\sigma_{\dot{x}_1}, \text{ м/с}^2$

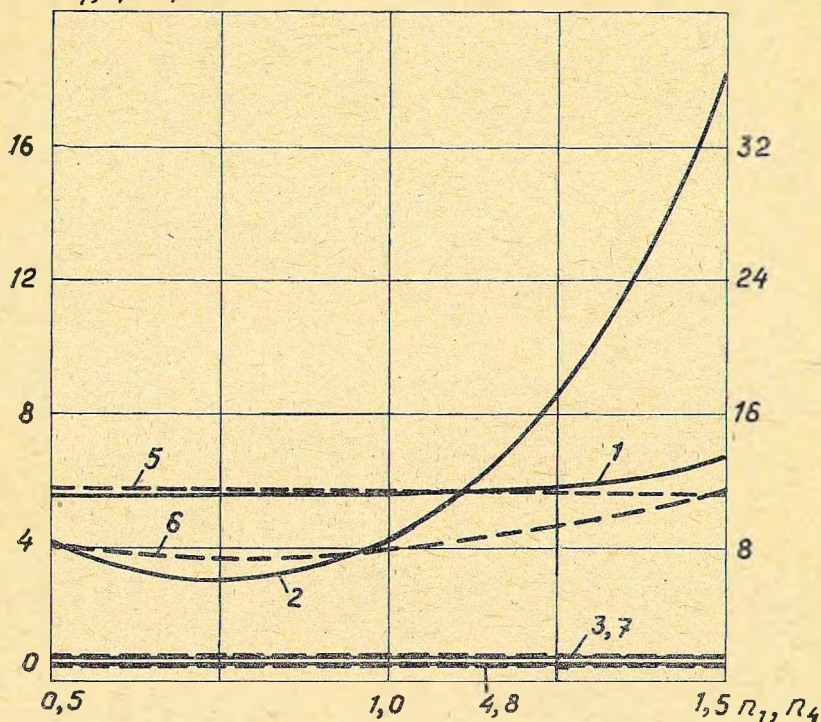


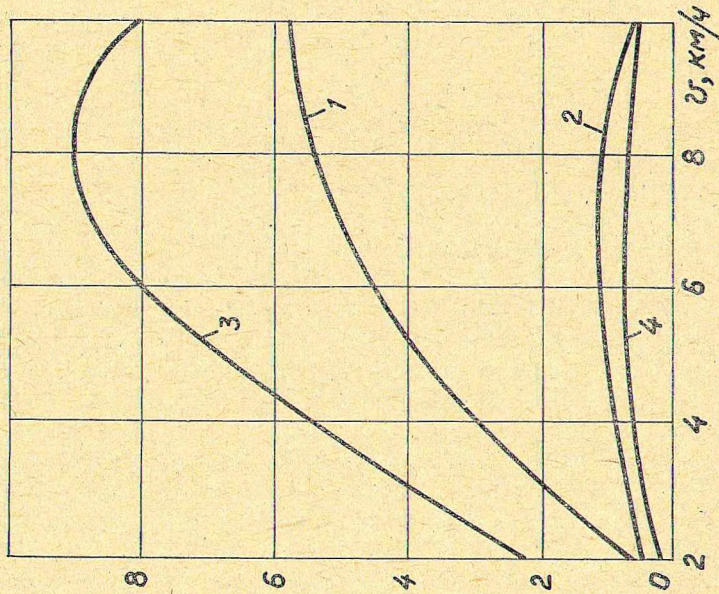
Рис. 2. Зависимости среднеквадратичных значений ускорения трактора МТЗ-80 от жесткости подвески (1—4) и вязкого сопротивления (5—8) переднего моста (поле, $V=10 \text{ км/ч}$):
 1, 5— $\sigma_{\ddot{x}_1}$; 2, 6— $\sigma_{\ddot{y}_1}$; 3, 7— $\sigma_{\ddot{\theta}_1}$; 4, 8— $\sigma_{\dot{x}_1}$.

Движение трактора МТЗ-80 моделировалось по полю поперек борозд предыдущей пахоты ($V=2-10 \text{ км/ч}$), по лесной дороге ($V=5-20 \text{ км/ч}$), а также по асфальтобетонному шоссе ($V=30 \text{ км/ч}$).

Варьирование параметров подвески производилось изменением коэффициентов n_1 и n_4 . Варианты образовывались умножением упругих и амортизационных характеристик на коэффи-

а)

$\sigma_{\xi_1}^2, \sigma_{\xi_1}, \sigma_{\ddot{x}_1}, \sigma_{\dot{x}_1}, \text{ м/с}^2; \sigma_{\theta_1}, \text{ рад/с}^2$



б)

$\sigma_{\xi_1}, \sigma_{\ddot{x}_1}, \sigma_{\dot{x}_1}, \text{ м/с}^2; \sigma_{\theta_1}, \text{ рад/с}^2$

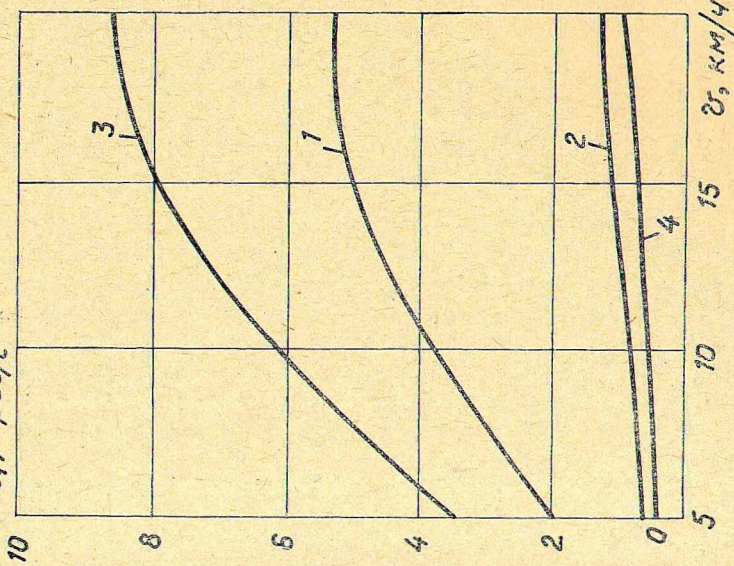


Рис. 3. Зависимости среднеквадратичных значений ускорений трактора МТЗ-80 от скорости при движении по полю (а) и по лесной дороге (б): 1 — $\sigma_{\xi_1}^2$; 2 — σ_{ξ_1} ; 3 — $\sigma_{\ddot{x}_1}$; 4 — $\sigma_{\dot{x}_1}$.

циенты, соответственно n_1 и n_4 . Значения n_1 и n_4 , равные 1, 0, соответствуют серийному исполнению подвески трактора.

Из рис. 2 видно, что при изменении упругости и демпфирующей характеристики переднего моста наиболее сильно меняют свой характер кривые $\sigma_{z_1} = f(n_1)$, $\sigma_{z_1} = f(n_4)$ (кривые 2, 6). Значения σ_{z_1} (кривая 2) наиболее интенсивно возрастают при $n > 0,75$. При $n_1 = n_4 = 0,75$ зависимости $\sigma_{z_1} = f(n_1)$ и $\sigma_{z_1} = f(n_4)$ имеют минимальные значения — соответственно 6,7 и 6 м/с². При $n_1 = 1,5$ σ_{z_1} (кривая 2) увеличивается в 6 раз. Значения σ_{z_1} , σ_{δ_1} и σ_{x_1} при увеличении n_1 также имеют тенденцию к некоторому увеличению, однако не столь существенному. Значение σ_{z_1} при изменении n_1 от 0,5 до 1,5 увеличилось с 5,6 до 6,7 м/с².

В целом аналогично, но более явно выражаются от изменения n_1 и n_4 максимальные и минимальные значения параметров колебаний трактора. По абсолютной величине при изменении n_1 от 0,5 до 1,5 $\dot{z}_{1\max}$ возрастает от 24 до 54 м/с², $\ddot{z}_{1\max}$ — от 12,6 до 18,5 м/с². Значения $\ddot{z}_{1\max}$ при увеличении n_4 несколько снижаются.

Представляют интерес данные, характеризующие динамику системы при изменении скоростей движения.

При движении тракторов по полю (рис. 3а) рассматриваемые кривые, характеризующие изменение параметров колебаний, имеют максимумы, проявляющиеся при скоростях движения 6—8 км/ч, кроме кривой $\sigma_{z_1} = f(V)$, у которой максимум сдвинут за скорость 10 км/ч.

При движении тракторов по лесной дороге в диапазоне рассматриваемых скоростей движения (5—20 км/ч) характерного максимума кривые 1—4 не имеют (рис. 3 б).

Наибольшее влияние (для обеих дорог) изменение V оказывает на ускорение \dot{z}_1 и \ddot{z}_1 ; параметры θ_1 и \dot{x}_1 от скорости движения зависят незначительно.

Исследования показали, что общий уровень динамической нагруженности трактора, по статистическим показателям, выше при движении по полю, а по максимальным — по лесной дороге.

Для лесной дороги характерны единичные ускорения \dot{z}_1 и \ddot{z}_1 , доходящие для \dot{z}_1 до 18,5 м/с², для \ddot{z}_1 — до 48 м/с².

При движении по асфальтобетону со скоростью 30 км/ч как среднеквадратичные, так и максимальные значения параметров колебаний трактора значительно ниже. Максимальные значения $\dot{z}_{1\max}$ и $\ddot{z}_{1\max}$ составляют соответственно 4,897 и 6,929 м/с². Расчетные данные для этого случая приведены в табл. 1.

В таблице 2 для сравнения приведены результаты расчета для этого же случая, но без учета продольных сил ($x_1 = 0$).

Из сравнения данных таблиц 1 и 2 видно, что учет продольных сил на разные параметры колебаний влияет по-разному.

При учете продольно-горизонтальных колебаний системы максимальное значение ускорений $\zeta_1^{\ddot{\cdot}}$ снизилось с 7,314 до 6,929 $м/с^2$ (т. е. на 5,25%). Следует сказать, что учет продольных сил на параметры вертикальных колебаний в рассматриваемом случае особо значительного влияния не оказал ввиду спе-

Таблица 1

Значения параметров колебаний трактора МТЗ-80
(асфальтобетон, $V = 30$ км/ч)

	Ускорения				Перемещения			
	$\ddot{z}_1, м/с^2$	$\ddot{\theta}_1, рад/с^2$	$\ddot{\zeta}_1, м/с^2$	$\ddot{x}_1, м/с^2$	$z_1, м$	$\theta_1, рад$	$\zeta_1, м$	$x_1, м$
σ	1,26	0,614	1,85	0,361	0,0095	0,0134	0,0165	0,0078
max	4,897	1,429	6,929	0,758	0,0312	0,0313	0,0512	0,0156
min	3,681	1,182	12,904	0,857	0,0252	0,0266	0,0377	0,0179
Отрывы	—	—	0,0	—	0,0	—	—	—
Пробои	—	—	32,0	—	0,0	—	—	—

цифики асфальтобетонного покрытия. На менее совершенных типах покрытия связь между вертикальными и продольно-горизонтальными колебаниями больше.

Таблица 2

Значения параметров колебаний трактора МТЗ-80
(асфальтобетон, $V = 30$ км/ч, $x_1 = 0$)

	Ускорения				Перемещения			
	$\ddot{z}_1, м/с^2$	$\ddot{\theta}_1, рад/с^2$	$\ddot{\zeta}_1, м/с^2$	$\ddot{x}_1, м/с^2$	$z_1, м$	$\theta_1, рад$	$\zeta_1, м$	$x_1, м$
σ	1,193	0,636	1,82	—	0,0093	0,0132	0,0160	—
max	4,899	1,512	7,314	—	0,0319	0,0286	0,0445	—
min	3,774	1,212	12,266	—	0,0228	0,0261	0,0378	—
Отрывы	—	—	0,0	—	0,0	—	—	—
Пробои	—	—	33,0	—	0,0	—	—	—

Движение трактора МТЗ-80Л моделировалось по пасечному волоку в диапазоне скоростей от 3 до 10 км/ч. Кривые изменения ускорений системы по мере увеличения скорости движения проходят выше, до $V=8$ км/ч. При $V > 8$ км/ч наблюдается

спад значений ускорений $\sigma_{z_1}^2$, $\sigma_{\theta_1}^2$, $\sigma_{z_3}^2$, что видно из рис. 4. Для кривых $\sigma_{z_4}^2$ и $\sigma_{z_1}^2$ максимум сдвигается за $V > 10$ км/ч.

Из сравнения рис. 3 и 4 следует, что на параметры θ и \dot{x} изменение скорости движения влияет больше у трактора МТЗ-80Л, чем у МТЗ-80.

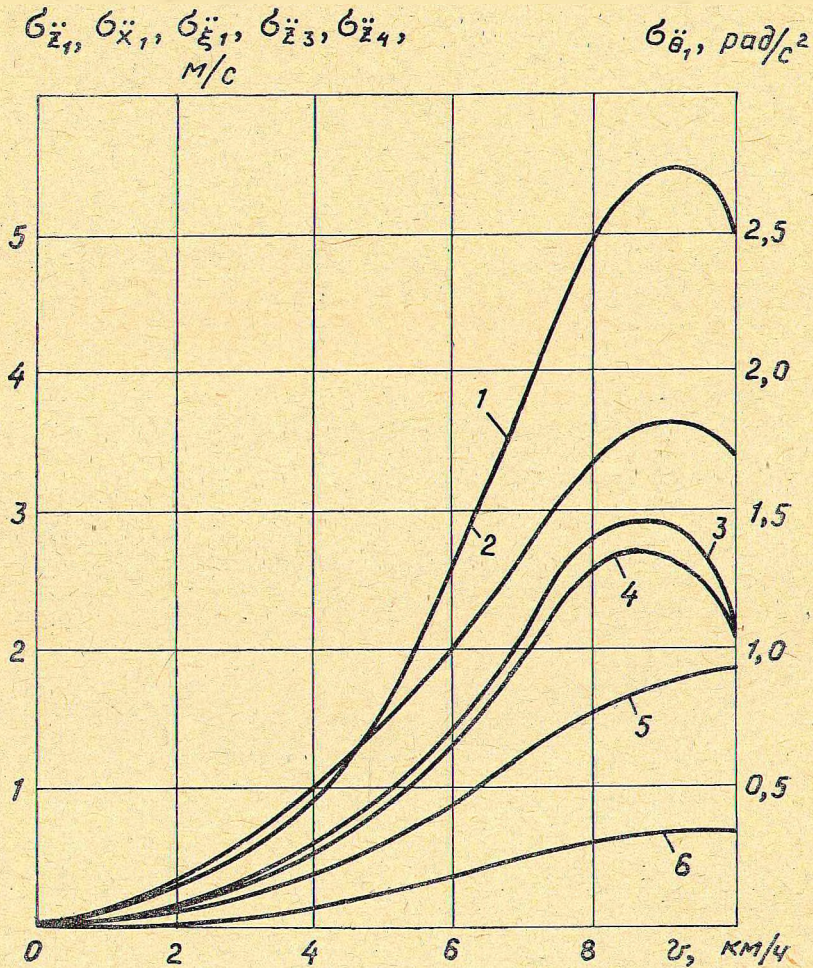


Рис. 4. Зависимости среднеквадратичных значений ускорений трактора МТЗ-80Л от скорости движения (пасечный волок, $n_1 = n_2 = 1$):

1 — $\sigma_{z_1}^2$; 2 — $\sigma_{\theta_1}^2$; 3 — $\sigma_{z_3}^2$; 4 — $\sigma_{z_4}^2$; 5 — $\sigma_{z_1}^2$; 6 — $\sigma_{x_1}^2$.

$\sigma_{\xi_1}, \text{ M/C}^2$

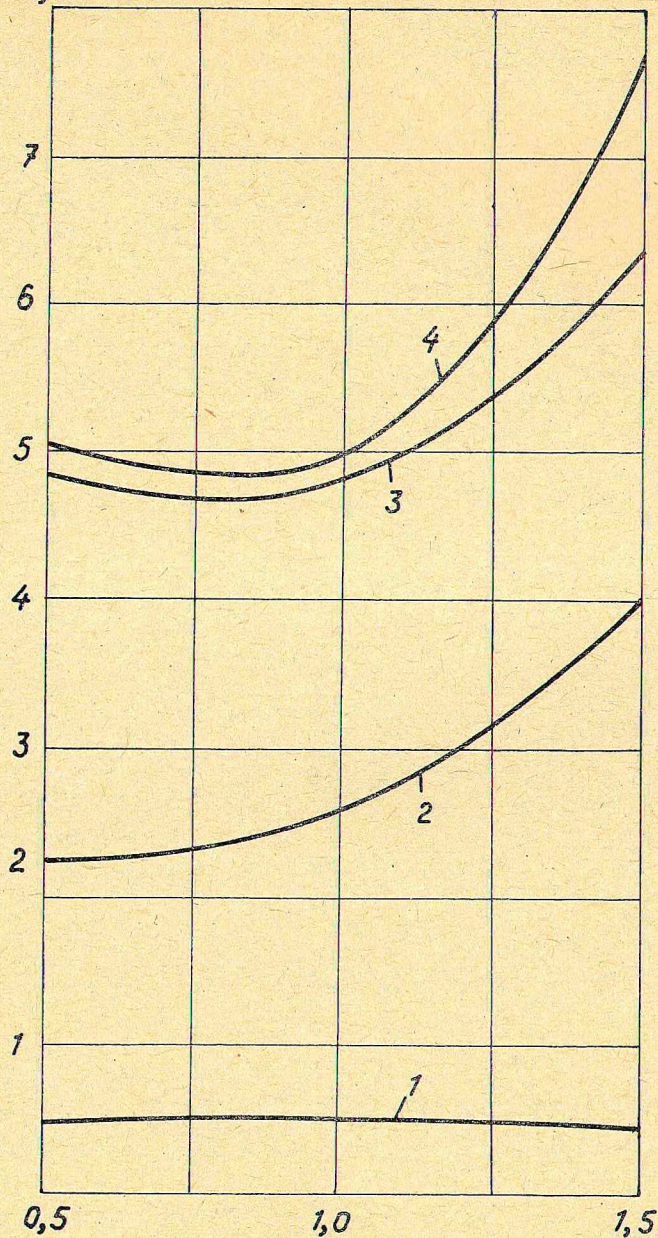


Рис. 5. Зависимости σ_{ξ_1} от коэффициента n_1 при движении трактора МТЗ-80Л по пасечному волоку:
1— $V=3$; 2— $V=6$; 3— $V=8$; 4— $V=10$ км/ч.

Наибольшие вертикальные ускорения у трактора МТЗ-80Л при скоростях выше 7,5 км/ч имеет передний мост. Вертикальные ускорения поддресоренной массы достигают значения 8,8 м/с². Сравнительный анализ динамики тракторов МТЗ-80 и МТЗ-80Л показал, что в рассматриваемом диапазоне скоростей наибольшие значения ускорений σ_{z_i} и σ_{z_1} наблюдаются у трактора МТЗ-80 при движении его по полю и по лесной дороге. Как уже указывалось, при движении по асфальтобетонной дороге со скоростью $V=30$ км/ч динамическая нагруженность трактора МТЗ-80 значительно ниже, чем при движении по полю и лесной дороге с меньшей скоростью.

Варьирование коэффициента n_1 упругой характеристики подвески переднего моста трактора МТЗ-80Л показало, что минимальные значения вертикальных ускорений по абсолютной величине при всех значениях n_1 выше, чем максимальные.

При изменении скоростей движения характер кривых $\ddot{\zeta}_{1\min} = f(n_1)$ становится несколько иным. Если при $V=3$ км/ч значения $\ddot{\zeta}_{1\min}$ во всем диапазоне изменения n_1 увеличиваются, то при $V=6, 8, 10$ км/ч кривая $\ddot{\zeta}_{1\min} = f(n_1)$ имеет точку перегиба, характеризующуюся наименьшими значениями $\ddot{\zeta}_{1\min}$. При $V=6$ км/ч эта точка соответствует значениям n_1 , равным 0,9, при $V=8$ км/ч — 0,72 и при $V=10$ км/ч — 1,0 зависимости $\sigma_{z_i} = f(n_1)$, соответствующим разным скоростям движения. Эти зависимости показаны на рис. 5, из которого видно, что при увеличении скорости движения значения σ_{z_i} становятся по абсолютной величине больше при любых n_1 . Причем возрастание значений σ_{z_i} замедляется с увеличением скорости движения. При $V=6, 8, 10$ км/ч интенсивность возрастания кривых 2, 3, 4 примерно одинакова. При $V=3$ км/ч значения σ_{z_i} неизменны при изменении n_1 от 0,5 до 1,5. Влияние коэффициента n_1 на другие показатели вертикальных, продольно-угловых и продольно-горизонтальных колебаний значительно слабее.

В целом можно отметить, что снижение n_1 до 0,7—0,8 улучшает вертикальную динамику трактора МТЗ-80Л.

ЛИТЕРАТУРА

1. Растев Б. Г., Мельников В. И. Основы динамики лесовозного подвижного состава. М., «Лесная промышленность», 1973.
2. Волошин Ю. Л., Добрынин Ю. А. Исследование плавности хода и нагруженности рессор лесохозяйственного трактора класса 1,4 тс.— «Тракторы и сельхозмашины», 1974, № 1.
3. Волошин Ю. Л., Фалеева Е. Н. Моделирование типичных нелинейных характеристик подвесок транспортных средств.— «Тракторы и сельхозмашины», 1975, № 6.